

**Accession Nbr :**

1978-86388A [48]

**Title :**

Mixer for liq. or plastic, esp. thermoplastic material - has radially divergent bores in worm mixer head

**Derwent Classes :**

A31 J02

**Patent Assignee :**

(GRUN/) GRUNSCHLOSS E

**Inventor(s) :**

GRUENSCHLO E


**Nbr of Patents :**

1

**Nbr of Countries :**

1

**Patent Number :**

 DE2722933 A 19781123 DW1978-48 \*

**Priority Details :**

1977DE-2722933 19770520

**IPC s :**

B01F-003/10 B29B-001/04

**Abstract :**

DE2722933 A

The mixer consists of a revolving worm in a stationary housing. The mixing head of the worm has bores which distribute the material to different radial positions. The revolving relative motion superimposes an azimuthal distribution in thin layers.

This mixer combines a small space requirement with a smooth flow pattern without dead corners and with a uniform mass temp throughout. The rise of the mean mass temp is kept to a min.

**Manual Codes :**

CPI: A11-A03A J02-A02

**Update Basic :**

1978-48

⑤

Int. Cl. 2:

**B 01 F 3/10**

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

B 29 B 1/04

**DEUTSCHES PATENTAMT**



**DE 27 22 933 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 27 22 933**

⑫

Aktenzeichen:

P 27 22 933.0

⑬

Anmeldetag:

20. 5. 77

⑭

Offenlegungstag:

23. 11. 78

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

⑳

Bezeichnung:

Mischvorrichtung

㉑

Anmelder:

Grünschloß, Eberhard, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart

㉒

Erfinder:

gleich Anmelder

**DE 27 22 933 A 1**

Eberhard Grünschloß  
Diplomingenieur  
Schlosserstraße 30  
7000 Stuttgart 1

Den 16. Mai 1977

### P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Mischvorrichtung zum Homogenisieren von flüssigen oder plastischen Massen, insbesondere thermoplastischen Stoffen dadurch gekennzeichnet, daß ein Mischteil in einem im wesentlichen zylindrischen Gehäuse untergebracht ist und mit diesem zusammenwirkt, wobei eine rotatorische Relativbewegung zwischen Gehäuse und Mischteil stattfindet und ein Dichtspalt zwischen Mischteil und Gehäuse vorgesehen ist, daß die das Mischteil durchströmende Masse mittels Bohrungen, Kanälen oder dergl. systematisch in radialer Richtung verteilt wird, sodaß Masseteilchen, die sich an einer bestimmten radialen Position diesseits des Mischteils befinden beim Passieren des Mischteils zwangsläufig auf mehrere verschiedene radiale Positionen jenseits des Mischteils verteilt werden, und daß durch die rotatorische Relativbewegung eine zusätzliche azimutale Verteilung in dünne Schichten erfolgt.
2. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die zwangsläufige radiale Masseverteilung im Mischteil durch entsprechende Dimensionierung und Anordnung der Kanäle oder Bohrungen annähernd gleichmäßig über den gesamten Radius des Mischteils geschieht.
3. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die zwangsläufige radiale Masseverteilung im Mischteil durch entsprechende Dimensionierung und Anordnung der Kanäle oder Bohrungen annähernd gleichmäßig über den gesamten Durchmesser des Mischteils geschieht.

4. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Masseverteilung im Mischteil mit Hilfe von Bohrungen unterschiedlichen Durchmessers erfolgt.
5. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Verteilung des Massestromes im Mischteil durch einen schlitzartigen Kanal geschieht, wobei die Schlitzweite konstant oder unterschiedlich groß sein kann.
6. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die im Mischteil verlaufenden Bohrungen, Kanäle oder dergl. sich nicht kreuzen oder tangieren.
7. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die im Mischteil verlaufenden Bohrungen, Kanäle oder dergl. sich kreuzen oder tangieren und daß im Mischteil selbst mindestens ein Raum existiert, in dem eine Vermischung ankommender Teilströme stattfinden kann.
8. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß das Mischteil aus einem Material gefertigt ist, welches eine wesentlich höhere Wärmeleitfähigkeit als Stahl besitzt.
9. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse stillsteht und das Mischteil rotiert.
10. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse rotiert und das Mischteil stillsteht oder ebenfalls bewegt wird.
11. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß dem Mischteil ein Förderelement unmittelbar vorgeschaltet ist.

12. Mischvorrichtung nach Anspruch 11 dadurch gekennzeichnet, daß das dem Mischteil vorgeschaltete Fördererelement eine Förderschnecke ist mit der es fest verbunden ist.
13. Mischvorrichtung nach Anspruch 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Mischteil und Gehäuse eine zusätzliche axiale Relativbewegung stattfindet.
14. Mischvorrichtung nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, daß sie bei einer Schneckenkolbenmaschine eingesetzt wird.
15. Mischvorrichtung nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, daß das Mischteil mit einer Rückstromsperre kombiniert ist.

Eberhard Grünschloß  
Diplomingenieur  
Schlosserstraße 30  
7000 Stuttgart-1

Den 16. Mai

2722933  
1977

4

### M i s c h v o r r i c h t u n g

Die Erfindung betrifft eine Mischvorrichtung für rheologische Medien aller Art, d.h. für viskose, strukturviskose, elasto-viskose, viskoelastische, viskoplastische und ähnliche Medien.

Vorzugsweise wird die Mischvorrichtung nach der Erfindung für das thermische und stoffliche Homogenisieren von thermoplastischen Massen und unvernetzten elastomeren Massen im Verarbeitungszustand eingesetzt, die kontinuierlich oder diskontinuierlich durch ein Formwerkzeug bzw. eine Düse gepreßt werden. Entsprechende Ausformmaschinen sind beispielsweise als Kolbenstrangpressen, Schneckenstrangpressen, Schneckenkolben-Spritzgießmaschinen und Schneckenkolben-Hohlkörperblasanlagen bekannt.

In der Mehrzahl der Betriebsfälle soll das mit Maschinen dieser Art hergestellte Erzeugnis einen bestimmten Gleichmäßigkeitsgrad aufweisen, d.h. stofflich homogen und geometrisch maßhaltig, aber auch möglichst frei von inneren Spannungen und anderen den Gebrauchswert beeinträchtigenden Mängeln sein. Dazu müssen bestimmte verfahrenstechnische Voraussetzungen erfüllt sein. Zum mindesten ist eine möglichst gleichartige Temperaturverteilung im Querschnitt des Massestromes vor dem Formwerkzeug bzw. der Düse zu fordern. Unterschiedliche Massetemperaturen haben unterschiedliche Viskositäten und damit eine Störung der Strömungsverhältnisse zur Folge, durch die ein regelmäßiges Ausformen des rheologischen Mediums nicht nur erschwert, sondern sogar verhindert werden kann. Ähnliche Störungen sind zu erwarten, wenn der Massestrom ungenügend miteinander vermischte

Komponenten aufweist. Die thermische und stoffliche Homogenität der in das Formwerkzeug bzw. in die Düse eintretenden Masse ist also eine wesentliche verfahrenstechnische Grundbedingung für alle Prozesse dieser Art /1/.

In der einschlägigen industriellen Praxis ist jedoch festzustellen, daß diese Grundbedingung bisher sehr häufig nicht oder nur sehr unvollkommen erfüllt wird. Dies gilt vor allem für die thermische Homogenität der im schmelzflüssigen bzw. warmplastischen Zustand zur Ausformung kommenden Kunststoffe /2-5/.

Selbst bei den heute fast ausschließlich zum Einsatz kommenden Maschinen mit Schneckenplastifizierung, welche die älteren Kolbenmaschinen inzwischen weitgehend verdrängt haben, ist die Plastifizierung und Homogenisierung des verarbeiteten Materials ohne besondere Mischzonen meist unvollkommen. Die Ursache liegt u.a. in der enormen Steigerung des Massedurchsatzes bei modernen Schneckenstrangpressen gegenüber älteren vergleichbaren Maschinen.

Eine typische radialsymmetrische Temperaturverteilung in einem zylindrischen Kanal mit Radius  $R$  zwischen Schneckenspitze und Ausformwerkzeug ist in Fig.1 mit Kurve I dargestellt. Dabei ist  $T_w$  die von außen durch Beheizen oder Kühlen des Gehäuses beeinflussbare Wandtemperatur. Die Differenz  $\Delta T$  zwischen maximaler Temperatur, die i.a. in der Mitte des Strömungskanals anzutreffen ist und minimaler Temperatur kann beispielsweise bei einer Strangpresse mit einem Schneckendurchmesser von  $D = 2 \times R = 45 \text{ mm}$  bis zu  $\Delta T = 18^\circ \text{C}$  betragen /2/, in besonders ungünstigen Fällen können sogar Differenzen bis zu  $\Delta T = 35^\circ \text{C}$  auftreten /5/.

Abgesehen von den ungünstigen Auswirkungen radialer Temperaturunterschiede auf die Qualität des fertigen Erzeugnisses sind bei der Ausformung eines derartigen Massestranges in einem

radialsymmetrisch aufgebauten Werkzeug (z.B. Geradeaus-Rohrspritzkopf) im allgemeinen keine besonderen Fließprobleme zu erwarten, da die Verteilung aller Temperaturfehler am Umfang gleichsinnig erfolgt. Dagegen treten bei allen Ausformwerkzeugen mit radial unsymmetrischen Fließwegen sowohl die Unterschiede im Fließverhalten der Masse, als auch die zum Teil erheblichen Maßabweichungen im fertigen Produkt deutlich hervor. Hiervon betroffen sind alle Formwerkzeuge mit nicht kreissymmetrischem Kanalquerschnitt (Profilwerkzeuge) sowie solche mit seitlicher Einspeisung (sog. Umlenk- oder Querspritzköpfe).

Es sind nun zahlreiche Mischvorrichtungen bekannt, welche die Aufgabe haben, die von einem Förderelement (meist Förderschnecke) angelieferte Masse thermisch und mechanisch zu homogenisieren. Neben den Mischelementen mit Zerteilfunktionen, die hier nicht näher behandelt werden sollen, handelt es sich dabei um Mischer mit Verteilfunktionen. Diese wiederum kann man in zwei Gruppen einteilen: Statische Mischteile und dynamische Mischteile.

Zur ersten Gruppe gehören die Mischteile, welche zwischen Förderelement und Ausformwerkzeug fest im Gehäuse montiert sind. Es sei hier wegen der strukturellen Verwandtschaft zur vorliegenden Erfindung vor allem verwiesen auf die in /6/ bzw. /7/ näher beschriebenen Mischteile. Dort wird vorgeschlagen, in einem Lochkegel bzw. einer Lochscheibe, welche sich über den ganzen Querschnitt des Zuführungskanals zum Ausformwerkzeug erstreckt, mittels Bohrungen oder Kanälen die Masse in Teilströme aufzuteilen, die in unregelmäßiger Folge teils strahlenförmig divergierend, teils konvergierend, teils achsparallel verlaufen, wodurch die einzelnen Teilströme nach einem bestimmten Schema platzvertauscht werden, so daß eine vorher vorhandene radiale Temperaturverteilung in ein flächig-heterogenes Temperaturfeld verwandelt wird. Wegen der



bekannt schlechten Wärmeleitfähigkeit thermoplastischer Schmelzen behalten die einzelnen Teilströme nach Verlassen des Mischteils jedoch noch lange ihre ursprüngliche Temperatur, weshalb eine Vergleichmäßigung der Massetemperatur über den gesamten Querschnitt des Kanals nicht oder nur sehr unvollkommen erzielt wird.

Wegen der teils komplizierten räumlichen Stromaufteilung bzw. Stromführung bei anderen in Betracht gezogenen statischen Mischvorrichtungen, deren Wirkungsweise nur anhand von Skizzen erklärt werden kann, sei auf die Patentliteratur /8-13/ und Aufsätze /14-16/ verwiesen.

Generell ist festzustellen, daß viele der gebräuchlichen statischen Mischer gegenüber den dynamischen Mischteilen einige wesentliche Nachteile besitzen. Diese sind unter anderem:

- Große Baulänge, d.h. großer Platzbedarf,
- Zusätzliches Gehäuse,
- Großer Druckabfall beim Mischen hochviskoser Medien,
- Die Konstruktionen können meist nicht so ausgeführt werden, daß "tote Ecken" vermieden werden, in denen das Material stagniert. Bei längerer Verweilzeit zu thermischer Zersetzung neigende Stoffe, wie z.B. Hart-PVC, können nicht verarbeitet werden.

Der Einsatz von statischen Mischteilen kann nur dann sinnvoll sein, wenn in dem Verarbeitungsgerät kein rotierendes oder sonst bewegtes Element zur Verfügung steht, an das man einen dynamischen Mischer anschließen könnte, also z.B. in Rohrleitungen, oder unmittelbar vor dem Ausformwerkzeug in Umlenkköpfen bei Hohlkörper- oder Folienblasanlagen.

Bewegte Mischteile sind bei minimalem Platzbedarf wesentlich wirksamer, weil sie als zusätzlichen Mischeffekt die Relativ-

bewegung zwischen Mischteil und Gehäuse ausnützen, wodurch ein Ausstreichen der Masseteilchen in kleinste Schichtdicken erreicht wird und viele "neue Nachbarschaften" geschaffen werden.

Ohne dynamische Mischteile ist keine moderne Hochleistungsschneckenpresse mehr denkbar. Eine kleine Auswahl gebräuchlicher Mischelemente ist in /4/ dargestellt. Es sind dies sog. Nockenmischteile, die bei richtiger Dimensionierung schon eine für manche Fälle ausreichende mechanische Homogenisierung bewirken. Setzt man sie an der Schneckenspitze zur Temperaturvergleichmäßigung ein, so benötigen sie aber eine relativ große Baulänge von mindestens  $L_{MT} = 3 \times D$  ( $D$  = Außendurchmesser des Mischteils bzw. der Schnecke) /3, Abb. 12/. Es ist jedoch auch dann immer noch das Temperaturmaximum in der Mitte des Strömungskanals zu erkennen, wenn gleich nur schwach ausgeprägt, wie es in Fig. 1 in Kurve III gezeigt ist. Ein weiterer wesentlicher Nachteil ist die beachtliche Erhöhung der mittleren Temperatur, beispielsweise von II auf IV in Fig. 1, die deshalb unerwünscht ist, weil sie erstens dem verarbeiteten Material schaden kann und zweitens eine intensivere Kühlung des ausgeformten Produkts erfordert. Bei einer Schneckenpresse mit beispielsweise  $D = 45$  mm kann die im Nockenmischteil stattfindende Massetemperaturerhöhung je nach Betriebszustand zwischen  $15^\circ\text{C}$  und  $25^\circ\text{C}$  betragen /3, Abb. 9/. Die mittlere Massetemperatur  $\bar{T}$  ist das Integral aus dem Produkt der örtlichen Strömungsgeschwindigkeit  $v(r)$  und der örtlichen Massetemperatur  $T(r)$  dividiert durch den gesamten Volumenstrom  $\dot{V}$  :

Also

$$\bar{T} = \frac{2\pi \cdot \int_0^R v(r) \cdot r \cdot T(r) \cdot dr}{\dot{V}}, \text{ wobei } \dot{V} = 2\pi \cdot \int_0^R v(r) \cdot r \cdot dr.$$

In Betracht gezogen werden ferner noch die Druckschriften /17-22/. In /17/ wird ein in einem zylindrischen Gehäuse befindlicher und an einer Kolbenstange befestigter, axial verschiebbarer und drehbarer Mischkolben beschrieben, der Bohrungen aufweist,

welche unter einem bestimmten Winkel zur Achse des Kolbens verlaufen. Das zu mischende flüssige bis plastische Material kann durch die Bohrungen hindurchtreten und wird durch die Rotation des Kolbens in Umfangsrichtung ausgestrichen. Da keine systematische Verteilung der Masse in radialer Richtung erkennbar ist, findet im wesentlichen nur eine Stoffverteilung in Umfangsrichtung statt. Radiale Inhomogenitäten werden demnach nicht oder nur sehr unvollkommen ausgeglichen.

In den beiden US-Patentschriften /18/ und /19/ ist ein an einer Schneckenspitze befestigter zylindrischer Körper beschrieben, welcher eine konzentrische Bohrung aufweist, in die radial verlaufende achsparallele Schlitzte münden. Die zu mischende Masse wird durch die Schlitzte z.B. von außen nach innen gepreßt, sammelt sich in der zentralen Bohrung und verläßt das System in axialer Richtung. Die Oberfläche des Körpers ist in Form von Längsnuten profiliert und zwischen Körper und Gehäuse sind Scherspalt vorgesehen, die geeignet sind, in der Schmelze mitschwimmende unaufgeschlossene Partikel zu plastifizieren. Der Ausgleich radialer Temperaturdifferenzen ist jedoch unvollkommen, da die radiale Verteilung der Schmelze nicht gezielt vorgenommen wird, sondern mehr oder weniger dem Zufall überlassen bleibt. Außerdem hat das System tote Ecken, in denen das Material stagnieren kann.

Ähnliches gilt für die in /20/ bis /22/ beschriebenen Mischvorrichtungen. Auch dort wird keine systematische radiale Masseverteilung über den ganzen Querschnitt vorgenommen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, die bei möglichst geringem Raumbedarf und strömungsgünstiger Konstruktion ohne tote Ecken eine möglichst gleichmäßige Massetemperatur im ganzen Kanalquerschnitt erzielt, wobei die Erhöhung der mittleren Massetemperatur  $\bar{T}$  auf ein Minimum begrenzt bleiben soll.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß a) ein Mischteil in einem im wesentlichen zylindrischen Gehäuse untergebracht ist und mit diesem zusammenwirkt, wobei eine rotatorische Relativbewegung zwischen Gehäuse und Mischteil stattfindet und ein Dichtspalt zwischen Mischteil und Gehäuse vorgesehen ist, daß b) die das Mischteil durchströmende Masse mittels Bohrungen, Kanälen oder dergl. systematisch in radialer Richtung verteilt wird, so daß Masseteilchen, die sich an einer bestimmten radialen Position diesseits des Mischteils befinden beim Passieren des Mischteils zwangsläufig auf mehrere verschiedene radiale Positionen jenseits des Mischteils verteilt werden, und daß c) durch die rotatorische Relativbewegung eine zusätzliche azimutale Verteilung in dünne Schichten erfolgt. Bei einer erfindungsgemäßen, in Experimenten erprobten Ausführungsform nach Fig. 5, wie sie weiter unten noch näher beschrieben ist, erhält man bei einer radialen Temperaturverteilung vor dem Mischteil gemäß Kurve I in Fig. 1 eine Temperaturverteilung nach dem Mischteil gemäß Kurve V. Die mittlere Massetemperatur hat sich dabei nur unwesentlich von II auf VI erhöht.

Die Erfindung ist in der nachstehenden Beschreibung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich dabei nur um einige der vielen prinzipiell möglichen Anordnungs- bzw. Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung handelt.

In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 die schon eingangs erwähnten radialen Temperaturprofile vor und nach Mischteilen,

Fig. 2 ein Anordnungsbeispiel einer Mischvorrichtung nach der Erfindung mit einem zylindrischen Gehäuse ohne unmittelbar vorgeschaltetes Förderelement,

- Fig.3 eine prinzipiell mögliche Anordnung eines Mischteils nach der Erfindung in einem zylindrischen Gehäuse mit vorgeschaltetem rotierendem Fördererelement (hier: Förderschnecke),
- Fig.4 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils,
- Fig.5 ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils,
- Fig.6 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils mit sich kreuzenden Bohrungen,
- Fig.7 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils mit einem schlitzzartigen Verteilkanal,
- Fig.8 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils mit einer radialen Zentralbohrung,
- Fig.9 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mischteils in Kombination mit einer Rückstromsperre.

Das Anordnungsbeispiel in Fig.2 zeigt das an einer Kolbenstange S befestigte Mischteil MT in einem zylindrischen Gehäuse G2. Die zu mischende Masse wird über ein Gehäuse G1 bei E zugeführt und verläßt die Vorrichtung in einem Gehäuse G3 bei A. Es kann nun z.B. entweder mittels der Stange S das Mischteil in Rotation versetzt und das Gehäuse G2 fixiert werden, oder aber das Gehäuse G2 rotiert um seine Achse und das Mischteil MT wird über die Stange S festgehalten. In der Regel wird die erste Möglichkeit vorzuziehen sein, da dann die Gehäuse G1, G2 und G3 fest miteinander verbunden werden können. Bei rotierendem Gehäuse G2 treten nämlich evtl. Dichtungsprobleme zwischen den Gehäuseteilen auf.

In Fig.3 ist ein Längsschnitt durch eine Schneckenpresse im Prinzip dargestellt, wie sie bei der Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen allgemein üblich ist. Das Mischteil MT ist an der Spitze der rotierenden Förderschnecke F befestigt. Schnecke und Mischteil befinden sich in einem zylindrischen Gehäuse G,

dessen Temperatur mittels Einrichtungen H zum Beheizen oder Kühlen auf einem vorgegebenen Niveau gehalten werden kann. Das bei Raumtemperatur im festen Zustand als Granulat oder Pulver vorliegende Material wird bei E in die Schneckenpresse eingebracht, längs seines Weges im Gehäuse G verdichtet, aufgeschmolzen, mechanisch homogenisiert, im Mischteil MT thermisch homogenisiert und bei A einem im Bild nicht gezeigten Ausformwerkzeug zugeführt. Das Gehäuse ist im Bereich der Einfüllöffnung mit einer Kühlung K versehen, um einen sicheren Feststofftransport zu gewährleisten. Ein Sperrgewinde SG verhindert einen Masseaustritt am antriebsseitigen Ende der Schnecke.

Bei einer im Bild nicht gezeigten, aber ohne weiteres vorstellbaren Variante ist das Mischteil an einer Stange befestigt, welche durch eine konzentrische Längsbohrung in der Förderschnecke F zum antriebsseitigen Ende herausgeführt wird. Über diese Stange könnte nun das Mischteil MT unabhängig von der Rotation der Schnecke F z.B. mit erhöhter Drehzahl angetrieben werden, um die Mischwirkung zu verbessern. Ein derartiger separater Antrieb ist jedoch sehr aufwendig und in der Regel nicht notwendig.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mischteils mit Durchmesser  $D = 60$  mm ist samt Zahlenwerten für ein Bohrungsschema in Fig.4 dargestellt. Das Mischteil MT ist mittels einer vorzugsweise lösbaren Verbindung an dem Förderelement F befestigt und dreht sich bei stillstehendem Gehäuse G mit F um dessen Achse. Die bei 1 in das Mischteil eintretende Masse wird in zahlreichen, in radialer Richtung divergierenden Bohrungen B (Durchmesser  $d$ ) an möglichst viele radiale Positionen 11 - 16 gleichmäßig über den gesamten Radius des Mischteils verteilt, wobei die Bohrungen B nach dem im Bild links gezeigten Schema am Umfang des Mischteils angeordnet sind. Anordnung und Dimensionierung der Bohrungen sind in diesem Ausführungsbeispiel so gewählt, daß sie sich nicht kreuzen oder tangieren. Eine Ausführung mit sich kreuzenden Bohrungen ist auch denkbar; allerdings ist dann die Führung der einzelnen Teilströme nicht mehr so klar erkennbar.

Tote Ecken, in denen die Masse stagnieren kann, sind vollkommen vermieden. Sie wird vielmehr entweder durch Druckströmung in den Bohrungen oder durch die azimutale Schleppströmung an den Außenflächen des Mischteils dauernd in Bewegung gehalten. Dies gilt im übrigen für alle abgebildeten Ausführungsbeispiele.

Die Stirnfläche des Mischteils kann, wie im Bild gezeigt, als Kegelfläche ausgebildet sein, oder beispielsweise eben sein, wie in Fig.5 zu sehen ist. Der wesentliche Unterschied dieses Ausführungsbeispiels gegenüber dem aus Fig.4 ist der, daß dort die Masseaufteilung in Teilströme von 3 verschiedenen radialen Positionen 1-3 vor dem Mischteil aus vorgenommen wird. Durch diese Maßnahme ist eine weitere Verbesserung des Temperatenausgleichs zu erreichen. Die unterschiedlich ausgebildeten Stirnflächen haben keinen merklichen Einfluß auf die Mischwirkung.

Beim Austritt aus dem Mischteil MT werden die verschiedenen Teilströme 11-16 durch die Rotationsbewegung in azimutaler Richtung derart in dünne Schichten ausgestrichen, daß selbst bei den schlecht wärmeleitenden Kunststoffen ein rascher Temperatenausgleich zwischen den einzelnen Schichten stattfindet.

Fertigt man das Mischteil aus einem sehr gut wärmeleitenden Material, so gewinnt man eine zusätzliche Temperaturvergleichmäßigkeit dadurch, daß die durch die Bohrungen B fließenden Teilströme mindestens in den Randschichten die über den Querschnitt nahezu einheitliche Temperatur des Mischteils annehmen.

Durch entsprechende Anpassung der Durchmesser  $d$  der Bohrungen B an deren Länge  $l$  können die einzelnen Strömungswiderstände  $w$  der Bohrungen und damit der Volumenstrom  $\dot{V}$  durch jede Bohrung gleich groß gemacht werden. Die für die Berechnung notwendigen Formeln sind nachstehend notiert. Sie gelten streng genommen nur für isotherme Newtonsche Medien /23/ und /24/, können aber in diesem Fall

mit sehr guter Näherung z.B. auch auf nicht isotherme Nicht-Newton'sche Kunststoffschmelzen angewandt werden:

$$\dot{V} = \frac{\Delta p}{w \cdot \mu} ; \quad \begin{array}{l} \Delta p \dots \text{Druckabfall in der Bohrung} \\ \mu \dots \text{Viskosität der Masse} \end{array} \quad (1)$$

$$w = \frac{128}{\pi} \cdot \frac{1}{d^4} \quad (2)$$

$$\dot{V}_{11} = \dot{V}_{12} = \dots = \text{konst.} \quad (3)$$

Nach Einsetzen von Gl.(2) in Gl.(1) und unter Berücksichtigung der Beziehung (3) erhält man:

$$d = d_0 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{l_0}} \quad (4)$$

Mit Gl.(4) kann bei Vorgabe eines Bezugsdurchmessers  $d_0$  und einer Bezugslänge  $l_0$  der gesuchte Durchmesser  $d$  der Bohrung mit der Länge  $l$  berechnet werden.

Die mittlere Massetemperaturerhöhung in der Bohrung infolge Umsetzung von Druckenergie in Wärme liegt etwa zwischen ca. 3 °C pro 100 bar Druckabbau bei Polyäthylen und ca. 5 °C bei Polystyrol. Beim Verarbeiten von Polyäthylen mittlerer Dichte wurde am Mischteil gemäß Fig.4 bei einem Massedurchsatz von  $\dot{m} = 74 \text{ kg/h}$  ein Druckabfall von  $\Delta p = 30 \text{ bar}$  gemessen. Mithin liegt die durchschnittliche mittlere Temperaturerhöhung im Mischteil in der Größenordnung von 1 - 2 °C.

Die Spaltweite  $c$  (Fig.4) des Spaltes SP zwischen Mischteil MT und Gehäuse G ist mindestens so groß zu bemessen, wie das radiale Schneckenspiel. Um eine unzulässig hohe Schererwärmung im Spalt SP zu vermeiden, sollte dieser möglichst kurz gehalten werden. Zudem ist es vorteilhaft, wenn Schraubnuten N an der zylindrischen Oberfläche des Mischteils für ein zusätzliches Freispülen dieses Bereiches sorgen. Die Massetemperaturerhöhung durch Wärmedissipation im Spalt SP ist unproblematisch, da sie nur die äußerste dünne Schicht betrifft, die an der Gehäusewand



anliegt und die ohnehin beim Austreten aus dem Mischteil sehr rasch deren Temperatur annimmt. Die Temperatur des Gehäuses G ist, wie schon erwähnt, von außen regelbar und sollte auf das Niveau der mittleren Massetemperatur eingestellt werden /3/.

Ein Ausführungsbeispiel mit sich kreuzenden Bohrungen ist in Fig.6 dargestellt. Fig.6a zeigt die Frontalansicht einer kegeligen Stirnfläche sowie eine Seitenansicht des Mischteils MT, das an der Förderschnecke F befestigt und im Gehäuse G drehbar angeordnet ist. Alle Bohrungen B schneiden die Achse des Mischteils MT vorzugsweise unter dem gleichen Neigungswinkel. Ihr axialer Abstand ist jedoch unterschiedlich groß, wie in Fig.6b deutlich zu sehen ist, sodaß die Mündungen der Bohrungen an der Stirnfläche des Mischteils bei gleichmäßiger azimuthaler Verteilung auf einer Spirale liegen. Wegen des gleichen Neigungswinkels aller Bohrungen ist diese Ausführungsform relativ einfach herstellbar. Einen Längsschnitt durch das Mischteil zeigt Fig.6c. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind dort jedoch nur die Bohrungen eingezeichnet, deren Achsen in der Schnittebene liegen. Durch die zahlreichen Überschneidungen der einzelnen Bohrungen entsteht in der Mitte des Mischteils ein Raum, in dem sich die eintretenden Teilströme treffen, ehe sie in radialer Richtung verteilt werden und das Mischteil wieder verlassen. Diese zusätzliche Vermengung im Mischteil selbst ist als weiterer Vorteil zu werten. Allerdings ist der Weg eines Masseteilchens beim Durchströmen des Mischteils jetzt nicht mehr so genau zu verfolgen bzw. vorherbestimmbar.

Fig.7 zeigt eine Ausführungsform, bei der die radiale Verteilung der Masse mit Hilfe eines schlitzartigen Kanals SK vorgenommen wird, der sich über den gesamten Durchmesser des Mischteils erstreckt. Man verzichtet dabei auf eine Aufteilung der Masse in Teilstränge. Die Schlitzweite kann vorteilhafterweise so ausgeführt werden, daß der Strömungswiderstand "gedachter Teilkanäle" 11 - 17 gleich groß ist. Der längere "Teilkanal" 17 beispiels-

weise ist demnach breiter zu bemessen als der kürzere "Teilkanal" 11, usw. Ein Vorteil dieses Mischteils ist die gute Reinigungsmöglichkeit.

Fig.8 zeigt eine Ausführungsform mit einer quer zur Achse des Mischteils verlaufenden Zentral-Bohrung ZB, von der aus die einzelnen Masseströme an die unterschiedlichen radialen Positionen 11-17 über dem gesamten Durchmesser des Mischteils MT im wesentlichen in axialer Richtung abgezweigt werden. Die Durchmesser der Bohrungen B können vorteilhafterweise nach der weiter oben beschriebenen Methode bemessen werden, sodaß die einzelnen Volumenströme durch die Bohrungen B gleich groß werden. Ein Vorteil dieses Mischteils ist die einfache Herstellbarkeit.

Fig.9 schließlich zeigt eine Ausführungsform des Mischteils in Kombination mit einer Rückstromsperre an sich bekannter Bauart, wie es bei einer Schneckenkolben-Spritzgießmaschine oder -Hohlkörperblasmaschine zum Einsatz kommen kann. Die Wirkungsweise solcher Maschinen wird als bekannt vorausgesetzt und hier nicht näher erläutert. Das Mischteil MT ist mit einer lösbaren Verbindung LV an der Schnecke F befestigt. Ein Zwischenring ZR dient als Ventilsitzring für den Sperr-Ring SR. In der rechten Bildhälfte (durchgehend gezeichnete Linien) ist der Plastifizierungsvorgang mit rotierender Schnecke schematisch dargestellt. Der Sperr-Ring SR liegt am Mischteil MT an, wobei ein genügend großer Spalt zwischen ihm und dem Zwischenring ZR freibleibt, durch den die zu homogenisierende Masse strömen kann. Sie gelangt durch den ringförmigen Kanal zwischen Mischteilschaft und Sperr-Ring teils direkt, teils über Aussparungen P im Sperr-Ring an die radialen Positionen 1 und 2, von wo aus sie in schon beschriebener Weise an möglichst viele radiale Positionen 11 - 15 nach dem Mischteil verteilt wird. Entsprechend dem Volumenstrom durch das Mischteil wird die Schnecke axial in die durch einen Pfeil angezeigte Richtung nach rechts verschoben. Ist die gewünschte Menge Material plastifiziert, so wird die Schnecke rasch nach

links bewegt, und die Masse durch die Düse ausgepreßt (in Fig.9 gestrichelt gezeichnet). Unmittelbar bei Beginn des Auspreßvorgangs legt sich der Sperr-Ring SR an den Zwischenring ZR an und verhindert einen Rückfluß der plastifizierten Masse in den Schneckenkanal, wodurch eine exakte Dosierung der Masse bei jedem Schneckenhub gewährleistet wird.

Abschließend sei bemerkt, daß die Erfindung zwar unter Bezugnahme auf einige Ausführungsformen vorstehend beschrieben ist, daß aber die erfindungsgemäße Vorrichtung sich auch auf abgeänderte Ausführungsformen erstreckt.

In Betracht gezogene Druckschriften

- /1/ Schenkel, G. Entwurf und Betrieb von Kunststoff-Schneckenpressen auf Grund einer Qualitätstheorie  
Kunststoffe 60(1970) 1, S. 52 - 60;  
2, S. 129 - 135; 3, S. 196 - 200
- /2/ Henkel, G. Untersuchung des Einflusses von Mischteilen am Schneckenende auf das radiale Temperaturprofil der Kunststoffschmelze vor der Schneckenspitze  
Unveröffentlichte experimentelle Diplomarbeit am Inst. f. Kunststofftechnologie der Universität Stuttgart
- /3/ Fingerle, D. Radiale Temperaturgradienten vor der Schneckenspitze von Extrudern und ihre Beeinflussung durch Mischteile  
Kunststoffe 63(1973)7, S. 418 - 422
- /4/ N.N. kt-Lehrblätter "Verarbeitung"  
Beilage zur Fachzeitschrift Kunststofftechnik  
Kunststofftechnik 13(1974) Heft 9 - 10
- /5/ Anders, S.; et al. Untersuchung zur thermischen Inhomogenität der plastizierten Schmelze beim Extrudieren  
Plaste u. Kautschuk 23(1976)8, S. 593 - 598
- /6/ Deutsches Gebrauchsmuster 6 752 197 v. 3.5.1968
- /7/ Deutsche Offenlegungsschrift 2 006 941 v. 16.2.1970
- /8/ Deutsche Offenlegungsschrift 2 428 321 v. 12.6.1974
- /9/ Deutsche Offenlegungsschrift 2 205 371 v. 4.2.1972
- /10/ Deutsche Auslegungsschrift 2 412 454 v. 15.3.1974

- /11/ Deutsche Offenlegungsschrift 2 212 011 v. 13.3.1972
- /12/ USA-Patentschrift 3,404,869
- /13/ USA-Patentschrift 3,583,678
- /14/ Hansmann, J.     Statische Mischer - ISG-Element  
                         Adhäsion 17(1973)1, S. 14 - 18
- /15/ Skoblar, S. M.   Why all the fuss about motionless mixing?  
                         Plastics Technologie 20(1974) 11, S. 37 - 43
- /16/ Kurzbuch, W.     Control melt temperature with die design  
                         Plastics Engineering 30 (1974) Aug.,  
                         S. 43 - 46
- /17/ Deutsche Offenlegungsschrift 1 778 121 v. 29.3.1968
- /18/ USA-Patentschrift 3 756 574 v. 4.9.1973
- /19/ USA-Patentschrift 3 730 492 v. 1.5.1973
- /20/ USA-Patentschrift 2 750 627
- /21/ USA-Patentschrift 3 957 256 v. 18.5.1976
- /22/ Can. Patentschrift 515 707
- /23/ Schenkel, G.     Kunststoff-Extrudertechnik  
                         Carl Hanser Verlag München, 1963
- /24/ Schenkel, G.     Vorlesungsmanuskript "Kunststofftechnologie I"  
                         Inst. f. Kunststofftechnologie d. Universi-  
                         tät Stuttgart 1976

2722933

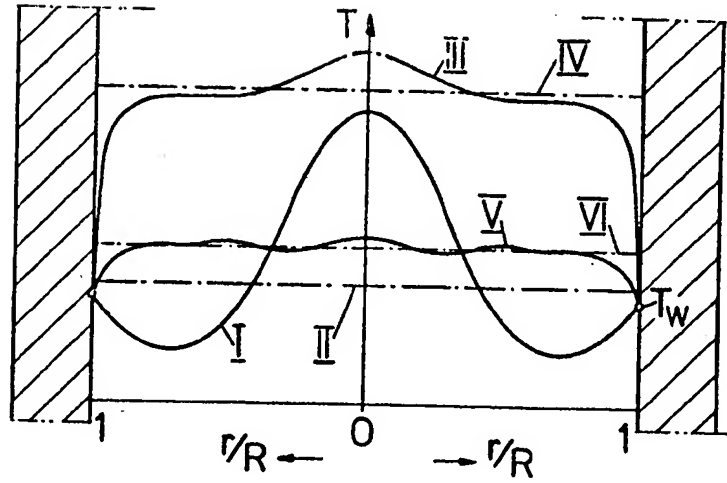


Fig. 1

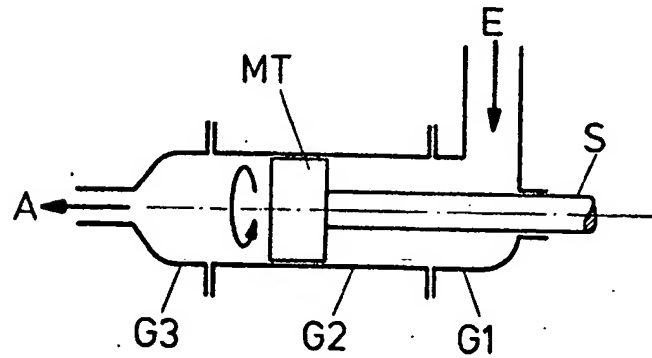


Fig. 2

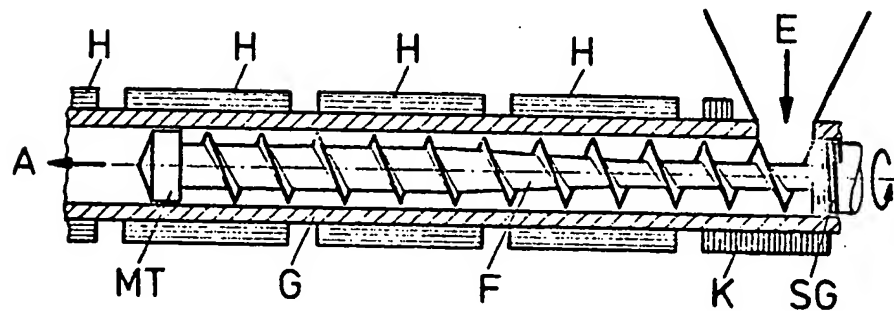
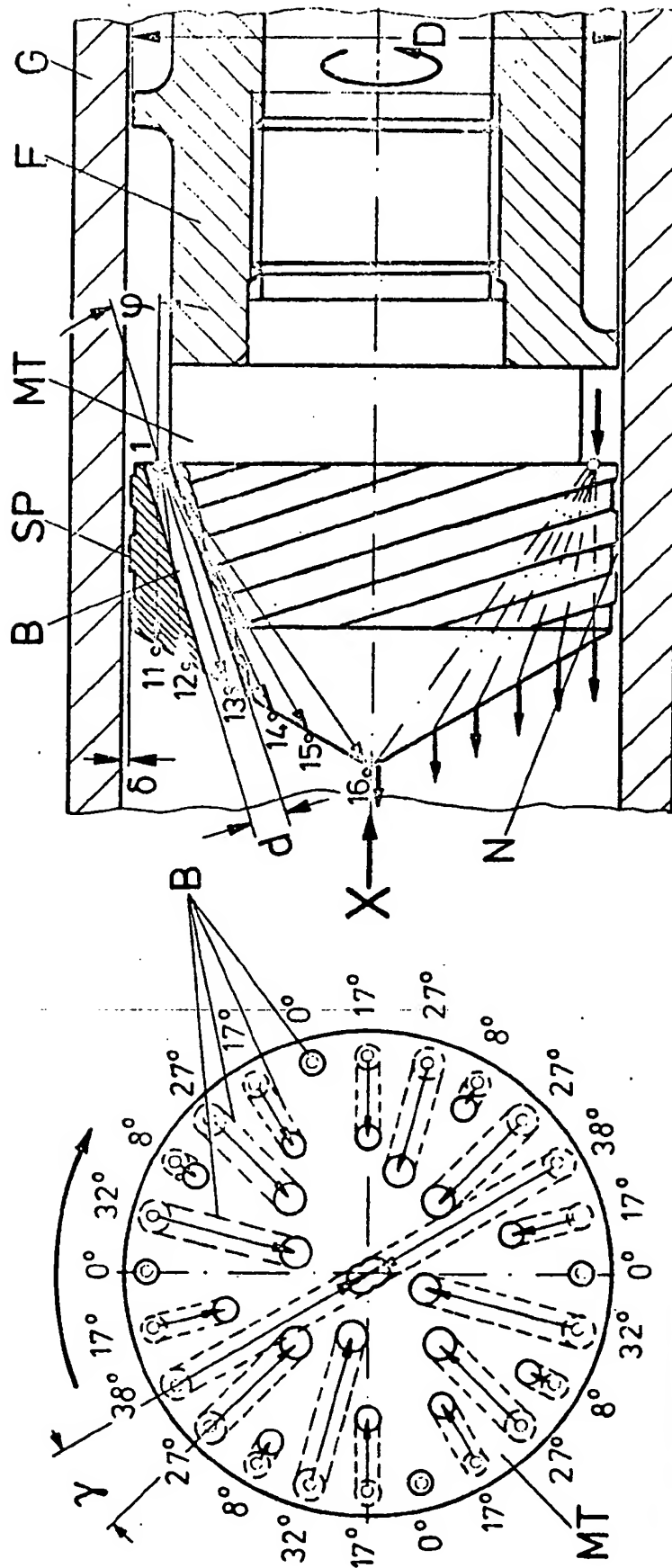


Fig. 3

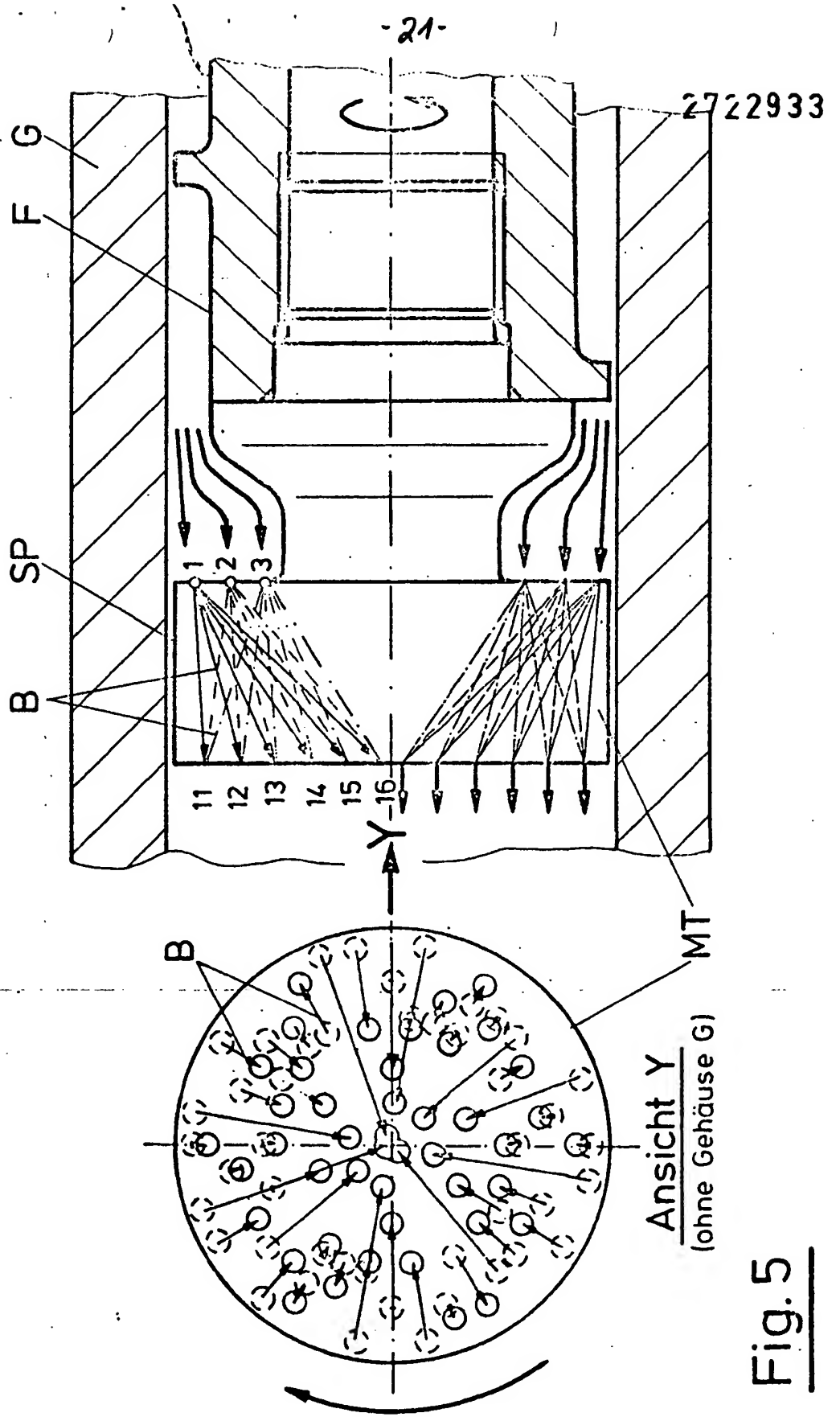
809847/0530



Ansicht X  
(ohne Gehäuse G)

Zahlenbeispiel	$\varphi$ [°]	0	8	17	27	32	38
für $D = 60$ mm	$d$ [mm]	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	5,0
$\gamma = 15^\circ$	Anzahl d. Bohrungen	4	4	6	5	3	2

Fig. 4



**Fig. 5**



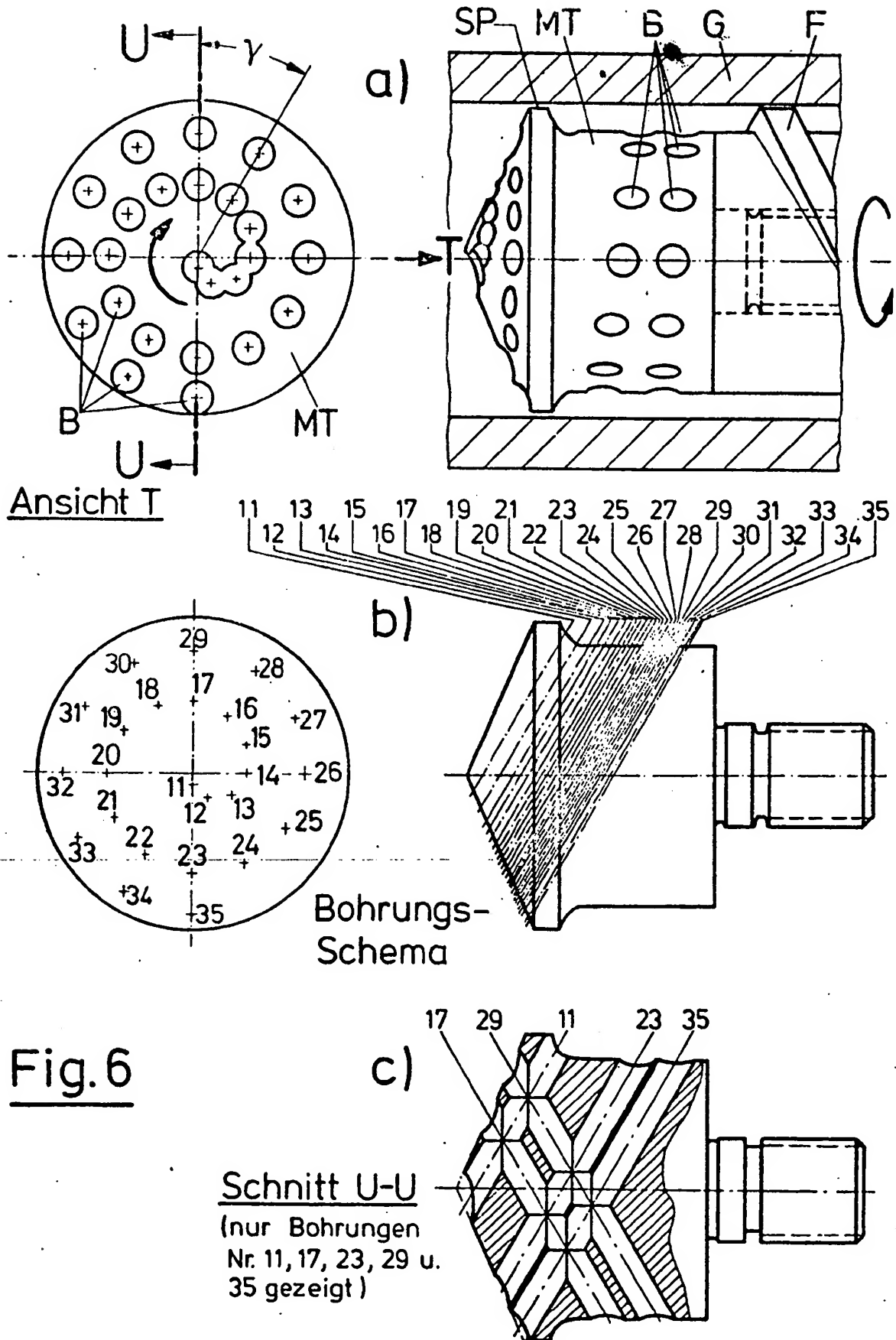


Fig. 6

2722933

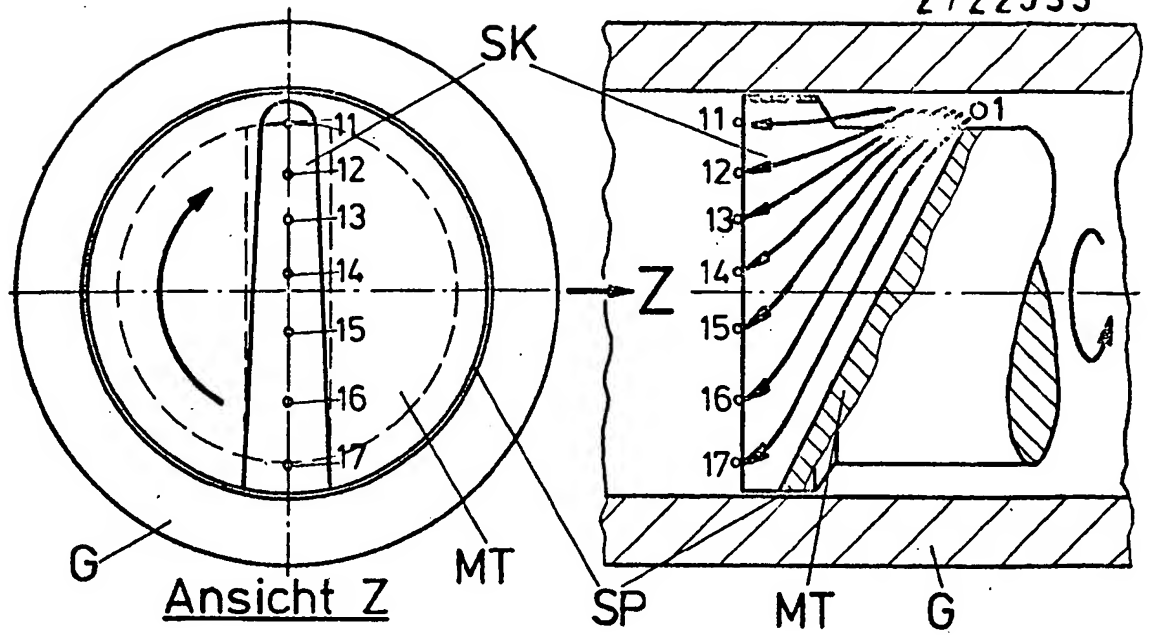


Fig. 7

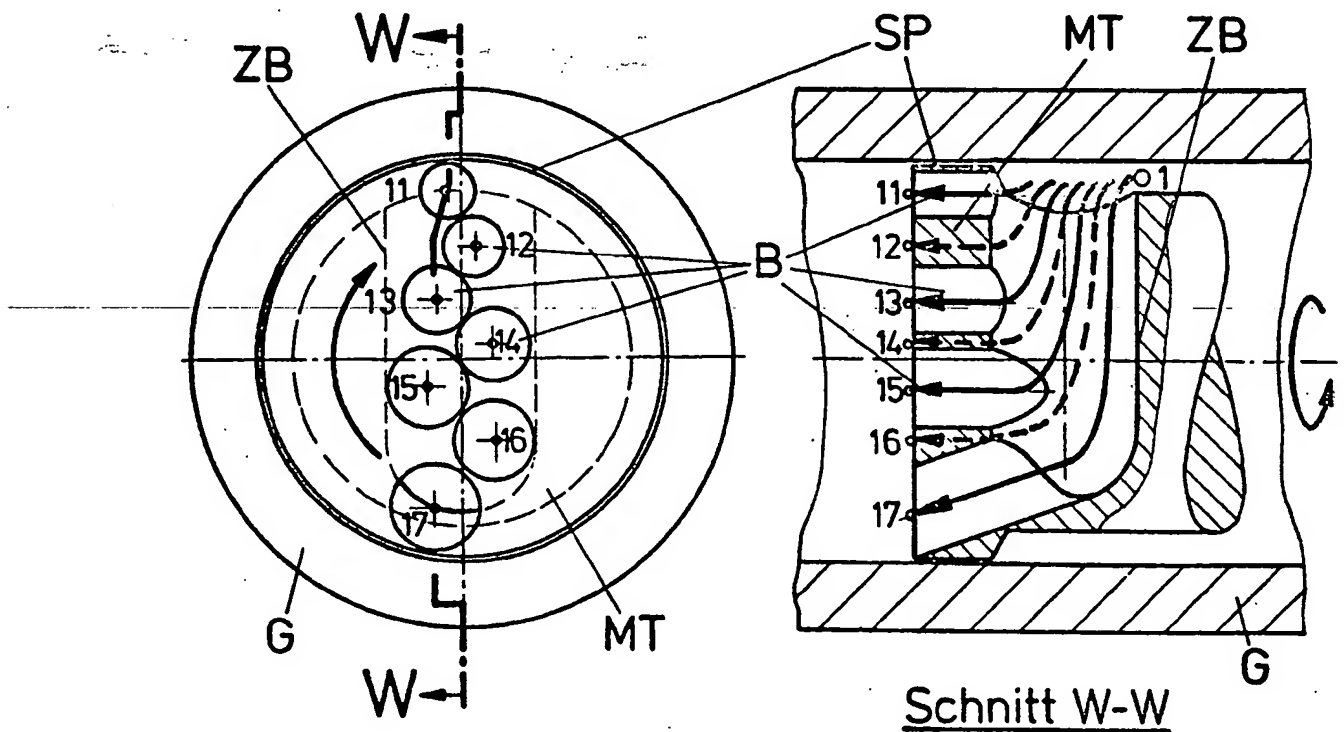
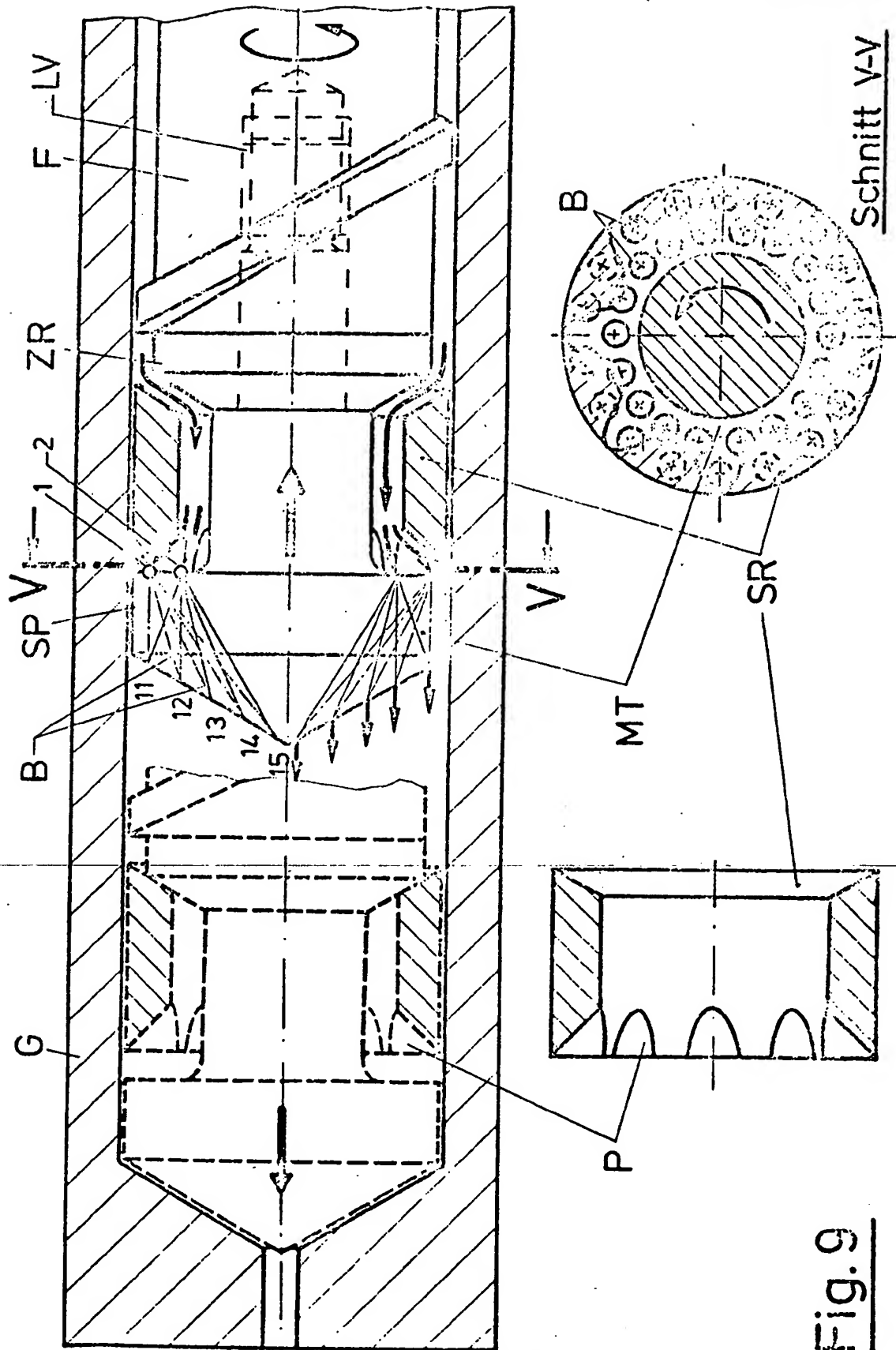


Fig. 8

2722933



BAD ORIGINAL